

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2001102296 A**(43) Date of publication of application: **13.04.01**

(51) Int. Cl.

H01L 21/027
G03F 1/16
H01L 21/3065
H01L 21/365
// G01N 1/28
G01N 1/32
G01N 23/04
G01N 23/225

(21) Application number: **2000226738**(22) Date of filing: **27.07.00**(30) Priority: **27.07.99 JP 11212385**(71) Applicant: **NIKON CORP**(72) Inventor: **SHIMIZU SUMUTO**(54) **METHOD FOR CORRECTING DEFECT OF RETICLE PATTERN**

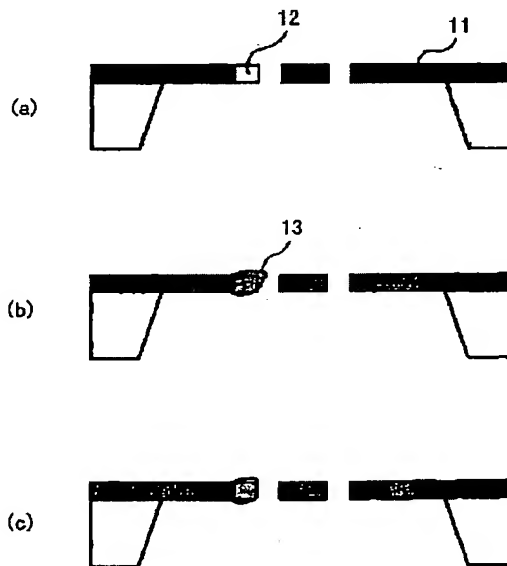
gas assist etching method is effective.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method enabling reticle correction requiring pattern formation which is much higher in precision than usual although it is actually impossible to form a reticle, having no pattern defect and some correction is needed, when the reticle used for a charged particle beam exposure device is manufactured.

SOLUTION: A method for easily depositing a substance, having necessary propriety at a necessary part and a method for removing an excessive substrate substance exceeding design values with high precision are used basically discriminatingly, and an inspecting process for a defective part, a depositing process for a substance, an inspecting process after correction, and a process for removing a part exceeding the design values are provided. For the depositing process, an FIB inductive film forming method or EB inductive film forming method which performs irradiation with an ion beam, an electron beam, etc., while a material gas supplied is effective and for the removal of the unnecessary part, a selective etching method by a selective milling etching method by FIB or selective



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-102296
(P2001-102296A)

(43) 公開日 平成13年4月13日 (2001. 4. 13)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 1 L 21/027		G 0 3 F 1/16	G
G 0 3 F 1/16		H 0 1 L 21/365	
H 0 1 L 21/3065		G 0 1 N 1/32	B
21/365		23/04	
// G 0 1 N 1/28		23/225	
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 7 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2000-226738(P2000-226738)
 (22) 出願日 平成12年7月27日(2000. 7. 27)
 (31) 優先権主張番号 特願平11-212385
 (32) 優先日 平成11年7月27日(1999. 7. 27)
 (33) 優先権主張国 日本 (J P)

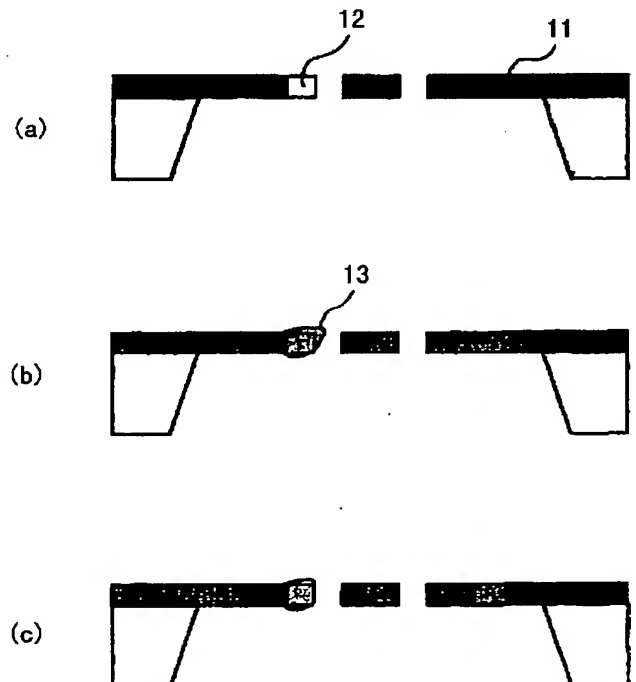
(71) 出願人 000004112
 株式会社ニコン
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
 (72) 発明者 清水 澄人
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
 式会社ニコン内

(54) 【発明の名称】 レチクルパターン欠陥修正方法

(57) 【要約】

【課題】 荷電粒子線露光装置に使用されるレチクルを製作する場合、パターン欠陥のないレチクルを作る事は事実上不可能であり、何らかの修正が必要である。しかしながら、従来よりも格段に高精細なパターン形成が要求されるレチクル修正を可能にする方法がなかった。

【解決手段】 レチクルパターンの修正工程において、必要な適性を有する物質を必要な部分に容易にデポジットする方法と設計値より出た余分な基板物質を高精度に除去する方法を使い分けることを基本として、欠陥部の検査工程、物質のデポジット工程、修正後の検査工程、設計値より出た部分の除去工程を有するようにした。デポジット工程には、材料ガスを供給しながらイオンビームあるいは電子線等を照射させてF I B誘導成膜法あるいはE B誘導成膜法が、不要部の除去には、F I Bによる選択的ミリングエッチング法、あるいは選択的ガスアシストエッチング法による選択的エッチング法が有効である。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 荷電粒子線縮小投影露光機に用いるレチクルの欠陥修正法であって、
該レチクルのパターン欠陥検査をする工程と、
該レチクルの製作時に本来形成されているべき荷電粒子線散乱体の欠損部（白欠陥部）に材料ガスを供給しながらイオンビームあるいは電子線等を照射させて該白欠陥部に選択的に成膜を行う工程と、
選択的に成膜した白欠陥修正部分を必要に応じて再度パターン欠陥を検査する工程と、
白欠陥部の修正のために選択的に成膜した部分が、本来なら荷電粒子線散乱体が形成されてはいけな部分（黒欠陥部）となった後に該黒欠陥部を選択的エッチング法によって設計されたパターンに調整加工する工程と、を有することを特徴としたレチクルパターン欠陥修正方法。

【請求項 2】 白欠陥部修正のために選択的に成膜する工程を誘導成膜法あるいは E B 誘導成膜法等にて行い、白欠陥部修正のために選択的に成膜した部分が設計パターンに対して黒欠陥となった部分の修正を F I B による選択的ミリングエッチング法、あるいは選択的ガスアシストエッチング法等で行うことを特徴とした、請求項 1 に記載のレチクルパターン欠陥修正方法。

【請求項 3】 荷電粒子線縮小投影露光機に用いるレチクルを修正する方法であって、
該レチクルのパターン欠陥検査をする工程と、
該レチクルの製作時に本来形成されているべき荷電粒子線散乱体の欠損部（白欠陥部）に材料ガスを供給しながらイオンビームあるいは電子線等を照射させて F I B 誘導成膜法あるいは E B 誘導成膜法によって該白欠陥部に選択的に成膜を少なくとも設計値よりも多めに行う工程と、
選択的に成膜した白欠陥修正部分が設計値よりも大きくなっていることを確認するパターン欠陥を検査する工程と、
白欠陥部の修正のために選択的に多めに成膜した部分を F I B による選択的ミリングエッチング法、あるいは選択的ガスアシストエッチング法による選択的エッチング法によって設計されたパターンに調整加工する工程と、
を有することを特徴としたレチクルパターン欠陥修正方法。

【請求項 4】 荷電粒子線縮小投影露光機に用いるレチクルの欠陥修正法であって、
該レチクルのパターン欠陥検査をする工程と、
該レチクルの製作時に本来形成されているべき荷電粒子線散乱体の欠損部（白欠陥部）に材料ガスを供給しながらイオンビームあるいは電子線等を照射させて該白欠陥部に選択的に成膜を行う工程と、
選択的に成膜した白欠陥修正部分を必要に応じて再度パターン欠陥を検査する工程と、
白欠陥部の修正のために選択的に成膜した部分が、本来

なら荷電粒子線散乱体が形成されない部分（黒欠陥部）となった後に該黒欠陥部を、パターン欠陥検査をする工程でもともと検出されていた黒欠陥部とともに同時に、選択的エッチング法によって設計されたパターンに調整加工する工程と、を有することを特徴としたレチクルパターン欠陥修正方法。

【請求項 5】 前記レチクルがステンシル型レチクルであり、白欠陥部修正のために選択的に成膜する工程を基板と同様の Si 化合物あるいは C 化合物を用いて、十分な散乱能が得られるに足る十分な膜厚をつけるように行うことを特徴とした、請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載のレチクルパターン欠陥修正方法。

【請求項 6】 前記レチクルがメンブレン型レチクルであり、白欠陥部修正のために選択的に成膜する工程を、少なくとも金属有機材料を材料ガスとして F I B 誘導成膜法あるいは E B 誘導成膜法等によって行うことを特徴とした、請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載のレチクルパターン欠陥修正方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、荷電粒子線縮小投影によるリソグラフィに用いられるレチクルパターンの修正法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】電子線投影リソグラフィ（EPL）用のレチクルとして、電子線の吸収によるレチクルの温度上昇とそれに伴うレチクルの熱膨張を避けるために、電子散乱体からなる基板（例えば、数ミクロン以下の Si メンブレン）に開口を設けてパターン形成を行ったレチクルが使用されており、ステンシル型レチクル（又は、その特性上散乱ステンシル型レチクル）と呼ばれている。その他の EPL 用のレチクルとして、いわゆる散乱メンブレン型と呼ばれるメンブレン型レチクルあるいはその改良型レチクルなどいくつかのレチクル構造が提案されている。メンブレン型レチクルは SiNx、SiC などの極薄い薄膜上（100 nm 以下）に電子散乱体となる適当な厚さ（50～60 nm 厚前後）の金属パターン（例えば W、Ta、Au など）を配した構造となっている。金属パターン下層にはバインディング層として Cr、Ti などが極薄く入ることもある。また、改良型メンブレンレチクルでは、極薄い（数十 nm 厚）軽元素膜（例えば、ダイヤモンドライクカーボン；DLC 膜など）上に Si 系の散乱体パターンを配した構造などが提案されている。また、イオンビームリソグラフィ（IPL）では EPL とほぼ同様の散乱ステンシル型レチクルをマスクとして用いる。同レチクルでは EPL 用散乱ステンシル型レチクル同様、Si 材料をその主構成材料とし、異なるのはその膜厚が約 3 μm と若干厚めなことだけである。このような、荷電粒子線縮小投影リソグラフィに用いるレチクルは、その作製時に必ずパターン欠陥が生じ

てしまい、現在実用化されている紫外光を用いた縮小投影露光用フォトリソグラフィーのパターン欠陥修正同様、該レチクルパターンの欠陥修正技術の開発が急務である。

【0003】パターン欠陥には、必要な荷電粒子線散乱体パターンに欠けがある場合（白欠陥）や不必要な荷電粒子線散乱体が残っている場合（黒欠陥）である。一般的に、白欠陥は荷電粒子線散乱体のパターン転写時のレジストパターン描画時（EB）のエラーに起因することが多く、レジストパターンが欠けた部分がそのまま白欠陥となる。一方、黒欠陥ではレジストパターン上にゴミなどのエッチングマスクになりうるものが付着した時などに発生し、不必要な部分に荷電粒子線散乱体が残ってしまい、欠陥となる。このようなレチクル欠陥はg線からエキシマ光に対応するフォトマスクでも発生し、レチクルリペア装置が実用化されている。フォトマスクにおける黒欠陥修正はイオンビームエッチング法にて遮光材であるクロムを局所的に除去し、白欠陥修正では集束イオンビームによる誘導成膜法にてカーボン膜を選択的にデポジットさせる。また、現在開発中のX線等倍露光法や極紫外縮小投影露光法に用いられるマスクでは黒欠陥、白欠陥修正とも集束イオンビームで修正可能と報告されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】高加速荷電粒子線を転写光源とする荷電粒子線縮小投影リソグラフィに用いるレチクルではそのパターン精度も格段に厳しくなり、例えば4倍縮小系で100nmリソグラフィ対応とする場合、レチクル上パターンルールは0.40μmとなりそのCD精度は10nm程度が要求される。更に70nmリソグラフィ対応の場合、レチクル上パターンルールは0.28μm、CD精度は7nm以下、さらに50nmリソグラフィ対応の場合にはレチクル上パターンルールは0.20μm、CD精度は5nm以下が要求されることとなる。当然、パターン欠陥修正法にもこの加工精度が要求されるわけだが、白欠陥修正法に用いられる選択的誘導成膜法ではなかなかこの加工精度を満足できない。また、ステンシル型レチクルパターンはその加工形状も厳密に制御する必要があり、その側壁加工形状には90°±0.5°以内が要求される。これもまた、選択的誘導成膜法による修正を困難にしている。

【0005】本発明はこの様な課題を解決するためになされたもので、荷電粒子線露光用のレチクル製作時に生じる欠陥を要求される高精度を保って修正する方法を提供することを目的にしている。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明では課題解決のために以下に記す方法を用いている。第1の手段として、本発明では、荷電粒子線縮小投影露光機に用いるレチクルの欠陥を修正する場合、該レチクルのパターン欠陥検査をする工程と、該レチクルの製作時に本来形成されて

いるべき荷電粒子線散乱体の欠陥部（白欠陥部）に材料ガスを供給しながらイオンビームあるいは電子線等を照射させて該白欠陥部に選択的に成膜を行う工程と、選択的に成膜した白欠陥修正部分を必要に応じて再度パターン欠陥を検査する工程と、白欠陥部の修正のために選択的に成膜した部分が、本来なら荷電粒子線散乱体が形成されない部分（黒欠陥部）となった後に該黒欠陥部を選択的エッチング法によって設計されたパターンに調整加工する工程と、を有することとした。

10 【0007】この方法に従えば、まず修正すべき箇所が見つかり、イオンビームや電子ビームを照射し選択的に反応を起こさせて修正が行われるので、必要な箇所が高精度で修正される。又、例えば修正箇所が不適切になった場合には、選択的に物質を除去出来るエッチング法によって修正するので高精度な修正が可能になる。

【0008】第2の手段として、本発明では、第1の手段を実施する際に、白欠陥部修正のために選択的に成膜する工程をFIB誘導成膜法あるいはEB誘導成膜法等にて行い、白欠陥部修正のために選択的に成膜した部分が設計パターンに対して黒欠陥となった部分の修正をFIBによる選択的ミリングエッチング法、あるいは選択的ガスアシストエッチング法等で行うこととした。このように白欠陥と黒欠陥をそれぞれ上記の方法で容易に修正することにより、精度の高い修正方法が得られる。

【0009】第3の手段として、本発明では、荷電粒子線縮小投影露光機に用いるレチクルの欠陥を修正する場合に、該レチクルのパターン欠陥検査をする工程と、該レチクルの製作時に本来形成されているべき荷電粒子線散乱体の欠陥部（白欠陥部）に材料ガスを供給しながらイオンビームあるいは電子線等を照射させてFIB誘導成膜法あるいはEB誘導成膜法によって該白欠陥部に選択的に成膜を設計値よりも多めに行う工程と、選択的に成膜した白欠陥修正部分が設計値よりも大きくなっていることを確認するパターン欠陥を検査する工程と、白欠陥部の修正のために選択的に多めに成膜した部分をFIBによる選択的ミリングエッチング法、あるいは選択的ガスアシストエッチング法による選択的エッチング法によって設計されたパターンに調整加工する工程と、を有することとした。選択的に物質を付加させていく選択的誘導成膜では精度に限界があるが、この方法によって多めに物質を付加し、除去を高精度に行える他の方法によって高精度に行うことによって全体の修正精度を確保出来る。

【0010】第4の手段として、本発明では、荷電粒子線縮小投影露光機に用いるレチクルの欠陥を修正する場合に、該レチクルのパターン欠陥検査をする工程と、該レチクルの製作時に本来形成されているべき荷電粒子線散乱体の欠陥部（白欠陥部）に材料ガスを供給しながらイオンビームあるいは電子線等を照射させて該白欠陥部に選択的に成膜を行う工程と、選択的に成膜した白欠陥

修正部分を必要に応じて再度パターン欠陥を検査する工程と、白欠陥部の修正のために選択的に成膜した部分が、本来なら荷電粒子散乱体が形成されない部分（黒欠陥部）となった場合に該黒欠陥部を、パターン欠陥検査をする工程でもともと検出されていた黒欠陥部とともに同時に、選択的エッチング法によって設計されたパターンに調整加工する工程と、を有することとした。これによりもともと見つかった黒欠陥箇所と、白欠陥を修正するために新たに黒欠陥となった箇所が同じ工程で高精度で修正される。

【0011】第5の手段として、本発明では、第1乃至4のいずれかの手段を実施する際に、前記レチクルがステンシル型レチクルであり、白欠陥部修正のために選択的に成膜する工程を基板と同様のSi化合物あるいはC化合物を用いて、十分な散乱能が得られるに足る十分な膜厚をつけることとした。これにより、メンブレンと同様の電子散乱能を有する膜を容易に製作することができる。

【0012】第6の手段として、本発明では、第1乃至5のいずれかの手段を実施する際に、前記レチクルがメンブレン型レチクルであり、白欠陥部修正のために選択的に成膜する工程を、少なくとも金属有機材料を材料ガスとしてFIB誘導成膜法あるいはEB誘導成膜法等によって行うこととした。

【0013】

【発明の実施の形態】本発明（請求項1～6）にかかるレチクルの修正法を説明する。パターン欠陥は黒欠陥、白欠陥に大別できる。図3は散乱ステンシル型レチクルパターンの概略図であるが、ラインアンドスペースパターンの電子線散乱体の一部に欠けがある部分31がある。ここは本来であれば電子線散乱体がなければならぬ部分であり、レチクル製作後に選択的に該電子散乱体を成膜してパターン形状を目標形状に修復しなければならない。この部分を白欠陥部と呼ぶ。一方、T字型ラインアンドスペースの電子線散乱体の一部に不要な突起32がある。ここは本来であれば電子線散乱体があってはならない部分であり、この部分を黒欠陥部と呼ぶ。レチクル製作時にこのパターン欠陥ができないようにすることは現状の技術では不可能であり、該白欠陥及び黒欠陥のパターン修正技術の開発は本発明における高加速電子線縮小投影露光方法において必要不可欠である。

【0014】本発明者は本白欠陥部分に炭素、あるいは珪素を主成分とする膜を選択的に成膜することにより、目標パターン形状を有するレチクルパターンを得ることを開発しているが、選択的な誘導成膜法では、ある程度の厚さの膜としなければならないことなどから、欠陥部分を全て覆うよう成膜すると、目標寸法より多少オーバーに成膜される部分が生じてしまい、高精度な加工寸法制御は非常に困難である。

【0015】この課題に対して本発明者はさらに鋭意研

究した結果、次のような方法で白欠陥パターンの修正を高精度に行うことができることを確認した。その方法とは以下のようなものである。図1のパターン白欠陥修正プロセス概念図に沿って説明する。まず、サブフィールド部が1～2μm厚程度のメンブレン11となったレチクルブランクス上にEB描画法あるいはフォトリソ法を用いてパターン形成して、ステンシル型パターン形成をする。完成したら、必要に応じて基板の洗浄を行った後、ステンシル型パターンの線幅精度および位置精度の評価を目的として、例えば該ステンシル型パターンのCADデータと比較し、そのパターンエッジ部分の位置が設定の許容値以上にずれていたらパターン欠陥とするような検査を行う。なお、散乱ステンシル型レチクルのパターン評価は、所定の加速電圧からなるレチクル表面像、およびレチクル裏面像を検出し、そのデータからパターン寸法、パターン位置、パターンテーパ角、エッジ荒れ等を評価するとよい。パターンの表面形状の検出をSEM像、パターン裏面をTEM像などで検出するのもよい。そして、ここで検出したパターンエッジ部が電子線散乱体方向にずれているものを白欠陥パターン部、ステンシル側にずれているものを黒欠陥パターン部と定義する。本発明はこの定義に依れば、白欠陥パターン部に適用できる方法である。

【0016】上記、パターン欠陥検査で白欠陥部12が発見された場合、その該白欠陥部にFIB誘導成膜法やEB誘導成膜法などの選択的成膜法で電子線散乱体となりうる物質13を目的とするパターンエッジ（例えば、CADデータ上のパターンエッジ）よりステンシル側になるまで成膜する（図1（b））。選択的成膜された膜はシリコンメンブレンと同程度の電子散乱能を有することが必要であるとともに、電子の吸収を極力抑制させなければならない。具体的には、シリコン系、あるいは炭素系の物質から構成されることが望ましい。さらに、選択的成膜時に供給される材料ガス種も必然的に、シリコン系あるいは炭素系物質を主成分とするものが好ましい。

【0017】選択的成膜と同時に、あるいは終了後に、再度パターン欠陥検査を行い、上記白欠陥部に成膜した電子線散乱体が所望サイズあるいは位置にあるかどうか、パターン断面形状、パターン直線性等の検査を行う。そのとき、白欠陥修正部に成膜した電子線散乱体が黒欠陥と化していた場合には今度は選択的加工法により黒欠陥化した電子線散乱体部を削り取るとよい（図1（c））。選択的加工法にはFIBを用いた選択的ミリング法やガスアシストエッチング法などを用いることができる。なお、この選択的加工法に用いるイオンビームは数nmの径まで絞り込むことができるゆえ、微細な加工が可能であり、また位置精度も干渉計との組み合わせによって追い込むことができる。またその加工形状もほぼ垂直に加工するように制御できる。一方、選択的成膜

10

20

30

40

50

法ではその被成膜物の断面形状の制御は非常に難しく、またその成膜物のサイズ、位置の制御も難しい。よって、白欠陥部を高精度にパターン修正するにはまず、白欠陥ではなくなるまで選択的成膜法で電子線散乱体を形成した後、選択的加工法で余分な部分を削り取るのが好ましい。

【0018】なお、パターン欠陥部の検査はパターン修正加工時に同時モニターしながら行くと、精度よい加工ができ、より好ましい。また、先に挙げた収束イオンビームによるミリングではビーム電流量を抑えてゆっくりミリングすると、多少時間はかかるが良好なパターン修正が可能である。収束イオンビームによるガスアシストエッチングではミリングに加え、化学反応性エッチングも加わるため加工速度が向上し、またエッチングされたものの再付着も抑制できる。収束イオンビームでは通常ガリウムイオンが用いられるが、その他シリコン、アルゴンなどでも可能である。またガスアシストエッチング時のガスには Xe_2F 、 CF_4 、 CHF_3 、 Cl_2 、 CCl_4 、 CHCl_3 、 I_2 といったハロゲン含有物質がよく使われる。

【0019】散乱ステンシル型レチクル以外のメンブレン型レチクルについても上記の修正法を応用できる。例えば散乱メンブレン型レチクルの場合、散乱体はW、Ta、Auなどで出来ているが、パターン欠陥修正でも白欠陥部には同等の物質を成膜して白欠陥修正するのが望ましい。白欠陥修正加工時の材料ガスとしては、Wの場合、 WF_6 、W (CO_2)、などの有機タングステンを用いることができる。Taの場合は、Ta (OC_2H_5) など、Auでは $\text{C}_7\text{H}_7\text{F}_6\text{O}_2\text{Au}$ など、Alでは $\text{Al}_2(\text{CH}_3)_3$ 、 $\text{Al}(\text{C}_4\text{H}_9)_3$ なども使うことができる。そして、これらの物質は室温状態でほとんどのものが固体として存在する。そこで、FIB誘導成膜する際には、これらの物質を適当に加熱して気化させてから真空チャンバー中の試料基板近傍に供給するのがよい。

【0020】また、散乱メンブレン型レチクルの場合、散乱体に必ずしも重金属パターンを用いる必要はない。例えば散乱ステンシル型レチクルの白欠陥修正時に用いられるSi系あるいはC系の膜をそのまま成膜してももちろんよい。ただし、このときには従来の重金属パターンの厚さより厚めに成膜しておくことが必要である。その厚さは、例えばビームコントラストを考慮して算出するとよい。ビームコントラストとは、レチクル上への全入射電子線量 (I_0) に対してパターンがあるところでウエハ上に届く電子線量 (I_1) の割合として定義することができ、ビームコントラスト $= 1 - (I_1 / I_0)$ 。ここでこのビームコントラストが大きい値であるほど露光像に対するSN比は向上するわけで良好な露光が可能となる。一般的に、ビームコントラストは最低でも99%以上が必要とされ、望むべくは99.7%以上がより好ましい。なお、条件を限定すれば、同コントラストが99%以下でも良好な露光像が得られる。

【0021】一般に、Si系あるいはC系材料を散乱メンブレン型レチクルの白欠陥修正膜材料として使うには、1 μm 厚前後の厚さに成膜すればよい。これは露光装置の散乱アパーチャ径 (=開口率) に依存する。また、最近提案されている新型メンブレンレチクルではやはり本発明におけるSi系あるいはC系材料をそのまま使うことができる。その成膜厚さはビームコントラストと修正膜の膜密度から算出する点は上記と同じである。

【0022】一方、これらのメンブレンマスク上でFIBを用いた欠陥修正加工をするときには注意が必要である。何故なら、散乱メンブレン型レチクルなどは SiN_x あるいはそれに類似した物質からなる0.1 μm 厚以下のメンブレンで形成されている。これらのメンブレン上にFIBを入射させると、瞬く間にメンブレンをもエッチングして穴を空けてしまったり、メンブレン内にイオン源であるガリウム等が残ってしまい、その部分の色分散が他の部分より大きくなってしまい、良好な解像性が得られなくなる点が心配される。この点に関しては、FIB照射時のビーム電流量を出来る限り抑制するのが最も効果がある。また、加速電圧を抑制するのも有効である。さらに、FIBイオン源をGa系から例えばSi系などの軽元素にするのも有効である。軽元素系に変えれば少なくともメンブレン中への残留によるコントラスト不均一性を回避することができる。

【0023】EPL用レチクルばかりではなく、NGL (Next Generation Lithography) の一候補としてEPLによく似通ったイオンビームリソグラフィ (IPL) 用レチクルに関しても上記同様に扱える。このIPLに用いられるレチクルはEPLにおける散乱ステンシル型レチクルとその構成は全く同じである。材料もSiを主成分としたものが好ましい。ただその厚さはEPLの散乱ステンシル型レチクルが約2 μm 厚であるのに対して、IPLでは約3 μm 厚必要であるという点のみが異なるだけである。IPL用散乱ステンシル型レチクルの白欠陥修正加工時には、その膜厚と同程度かそれより厚めに成膜しておけばよい。ステンシルパターン側壁への成膜もEPL用散乱ステンシル型レチクルにおける本出願人の発明 (例えば、特開平12-100714) をそのまま用いることができる。

【0024】なお、レチクルパターン形成後、パターン検査から白欠陥修正終了までのワークフローを図2に示した。以上、本発明を実施例によりさらに具体的に説明するが、本発明はこれらの例に限定されるものではない。

【0025】

【実施例1】まずP型4~6 $\Omega \cdot \text{cm}$ の8インチシリコンウエハに適当な低膜応力となる1~2 μm 厚程度のシリコン膜を形成する為の表面処理等を施し、いわゆるレチクルブランクスを作製した。

【0026】続いて、所望のパターン形成をEBライタ

ーおよび反応性イオンエッチング法にて形成してレチクルを完成させた。その後、パターン位置、パターンサイズなどのパターン精度、および不良結線、不良断線等のパターン欠陥の検査を行った。検査はイオンビーム鏡筒と電子線鏡筒をそれぞれ装備したマスク欠陥装置にて行った。パターン欠陥についてはパターン設計図上に実際に製作したレチクルパターンの形態像を重ね合せて欠陥部を検出した。その結果、図3-31のような白欠陥を検出した。

【0027】白欠陥パターン修正は以下の方法で行った。白欠陥部近傍にテトラメチルシランを30 sccmで内径 ϕ 0.5 mmのノズルにて供給した。テトラメチルシランはその沸点が26.5℃であるが、ノズルで白欠陥部に供給するまでに液化しないようにノズル全体を30℃に加熱、保温して材料ガス導入を行った。その後、ガリウムイオンからなる収束イオンビームを白欠陥部ステンシルパターン部と平行に走査させて、所望の電子線散乱体を選択的に成膜し、白欠陥修正することができた。なお、このときの収束イオンビームのビーム電流量は150 pAとし、ビーム径は約 ϕ 30 nmとし、パターンエッジと平行にビームをスキャンさせて、徐々にスキャン位置をパターンエッジ部から離すようにして成膜した。スキャン間隔は15 nmピッチとした。

【0028】その後、レチクル作製後に行ったのと同様のパターン検査を行い、パターン欠陥部が正常に修正されていることを確認の後、高加速電子線縮小投影露光装置内に搬送し、露光を行った。電子線は100 kVに加速し、ビーム電流量は約20 μ Aとした。露光は4インチウエハ上に約0.5 μ m厚の電子線感光化学増幅型レジストSAL-606 (Shipley製：化学増幅型ネガ)を塗布して行った。露光後にPEB (Post Exposure Bake)を行い、続いて2.38% TMAHにて現像処理をした後、測長SEM機でレジスト像を形態評価した。

その結果、パターン修正部分は非修正部と同様、良好な転写像を形成していることを確認できた。また、パターンサイズを計測したところ、全パターンとも設計値に対して3 σ で10 nmと十分に規格をクリアしていることを確認することができた。

【0029】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の荷電粒子線縮小投影リソグラフィ用レチクルパターンの白欠陥部の修正方法によれば、レチクル製作時にパターン欠陥が生じても高精度な寸法制御性で白欠陥修正することができる。高精度なレチクル作製が可能であるかどうか、高加速荷電粒子線の一括縮小転写系のひとつの開発促進用件であったが、本発明によりレチクル作製時のパターン修正という、一つの課題に目処をつけることができるようになった。その結果、高加速荷電粒子線縮小転写法がデバイス量産現場で受け入れられるかどうかの議論も活発となり、ゆくゆくは100ノード以降のデバイス量産等に貢献できるものと予想している。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明にかかる白欠陥パターン修正のプロセス概念図である。

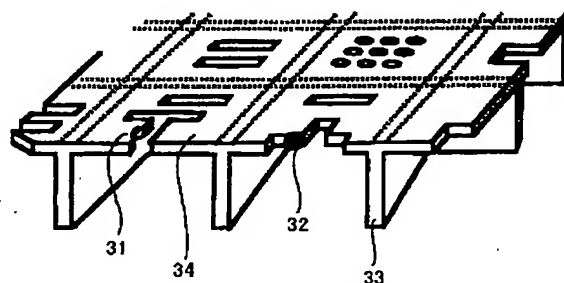
【図2】本発明にかかるパターン検査から白欠陥パターン修正までのワークフローである。

【図3】散乱ステンシル型レチクルの概観図である。

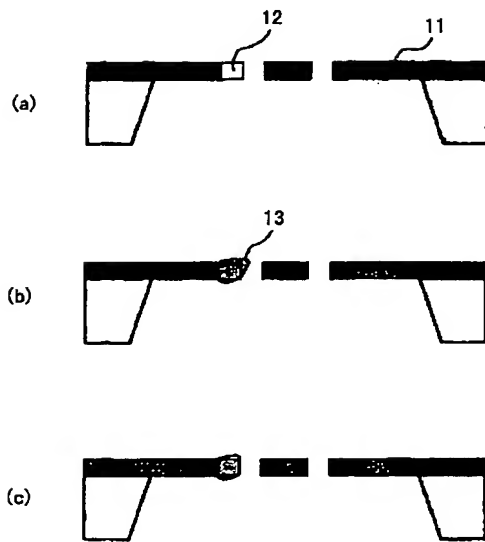
【符号の説明】

- 11・・・メンブレン
- 12・・・白欠陥
- 13・・・白欠陥を修正する物質の堆積
- 31・・・白欠陥部
- 32・・・黒欠陥部
- 33・・・グリレッジ
- 34・・・メンブレン (電子散乱部)

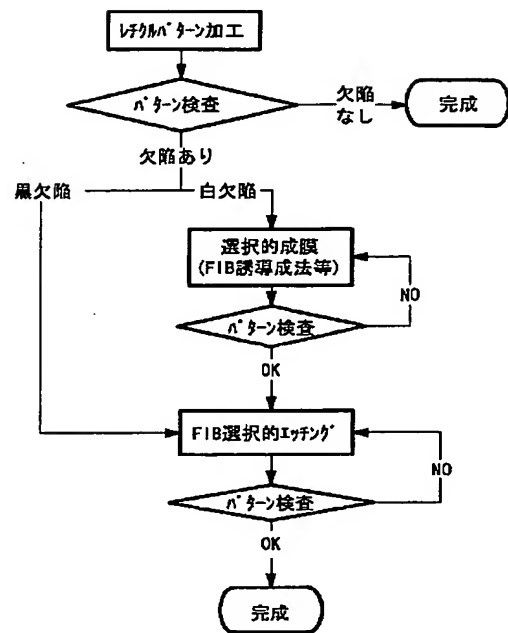
【図3】



【図1】



【図2】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷

G 0 1 N 1/32
23/04
23/225

識別記号

F I

H 0 1 L 21/30

21/302

G 0 1 N 1/28

ターマコード (参考)

5 4 1 B

5 4 1 S

D

G